

Список использованных источников

1. Higuchi T., Oyama N., Kamino T., Yamashita K. Progress of granulation technology for sinter mixture at JFE Steel // Zairyo to Prosesu=CAMP ISIJ. – 2010. – № 1. Pp. 125–128.
2. Kawachi S., Kasama S. The improvements of granulation technique for sintering efficiency developing // Zairyo to Prosesu=CAMP ISIJ. – 2010. – № 1. Pp. 121–124.
3. Tadashi O., Sassa Y., Naoya S. et al. Development of sinter mixture granulation at Nisshin Steel Kure works // Zairyo to Prosesu=CAMP ISIJ. – 2010. – № 1. Pp. 117–120.
4. Нива Я. Промышленное производство окучкованного рудного доменного сырьа с массовым использованием руды с низким содержанием пустой породы // Экспресс-обзор. Новейшие зарубежные достижения. – 1993. – № 6.
5. Суліменко С. Енергозберігаюча технологія керованого рідкофазного спікання гібридного залізорудного матеріалу для доменного переділу, Дніпропетровськ: автореф.дис., 2010.
6. Инадзуми Т. Новейшие достижения в агломерации железных руд // Тэцу то хаганэ. Яп. – 1996. – Т. 82. – № 12. С. 965–974.
7. Исаенко Г. Совершенствование технологии комбинированного окомкования, загрузки, зажигания и спекания агломерационной шихты: автореф. дисс. Липецк, 2011.
8. Близнюков А. С. Развитие процесса окомкования аглошихты в Японии // Новости черной металлургии за рубежом. – 2011. – № 1. С. 14–20.
9. Сулименко С.Е., Игнатов Н.В., Бочка В.В., Ковшов В.Н., Вылупко Е.Е. Влияние гибридного совмещения методов интенсификации агломерационного процесса на показатели спекания и качество агломерата // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 2011. – № 12. С. 3–6.
10. Бережной Н. Н., Федоров С. А., Билоус В. Н. Исследование получения прочного окучкованного сырьа с самоплавкой пустой породой из высококремнеземистых железорудных концентратов // Повышение эффективности работы доменных печей. – 1983. С. 11–15.

УДК 669.056

В. М. Павловец, А. В. Герасимук

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет»,
г. Новокузнецк, Россия

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ДАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНОШИХТОВОЙ СТРУИ В ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОРУДНЫХ ОКАТЫШЕЙ

Аннотация

Для перспективных технологических схем получения железорудных окатышей, основанных на методе принудительного зародышеобразования, рассчитано давление воздушно-шихтовой струи и построена номограмма для определения параметров струйной обработки.

Ключевые слова: воздушно-шихтовая струя, окомкователь, железорудные окатыши, методика, номограмма.

Abstract

For Prospective Technological schemes for iron ore pellets by force for nucleation-designed air-pressure jet feedstock and a nomogram.

Keywords: air-burden jet, pelletizer, iron ore pellets, a technique, nomogram.

Технология получения сырых окатышей на тарельчатом окомкователе по технологии принудительного зародышеобразования включает две основные стадии: формирование зародышей теплосиловым напылением влажной шихты на гарнисаже холостой зоны тарели и формирование оболочки окатышей доокомкованием зародышей в рабочей зоне окомкователя. Для этого загружаемую шихту расходом G_T (производительность агрегата) делят на два потока: поток шихты с расходом $G_{ш}$, необходимый для принудительного зародышеобразования, и поток шихты с расходом $G_{об}$, направляемый к зародышам для формирования оболочки окатышей. Для получения зародышей в струйный аппарат (СА) диаметром $d_{са}$ загружают влажную шихту расходом $G_{ш}$, кг/с. В корпусе СА она ускоряется сжатым воздухом, нагретым до температуры $t_v, ^\circ\text{C}$, который подается под давлением P_v , кПа, через воздушное сопло, расположенное на оси СА. На выходе из СА формируется воздушно-шихтовая струя (ВШС), которая при взаимодействии с шихтовым гарнисажом окомкователя оказывает давление $P_{вшс}$, кПа, на влажную шихту (рис. 1) [1–3].

Это давление ответственно за формообразование влажной шихты и определяет геометрические размеры напыленного слоя шихты (НС). После деления НС на мерные фрагменты формируется зародышевая масса определенной влажности, плотности и прочности, непосредственно зависящая от давления ВШС.

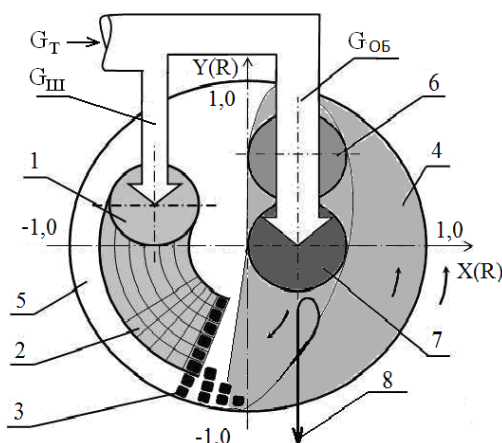


Рис. 1. Схема получения окатышей способом принудительного зародышеобразования:

- 1 – область напыления (напыленный слой); 2 – область принудительного зародышеобразования; 3 – зародыши; 4, 5 – рабочая и холостая зоны окомкователя;
- 6, 7 – области увлажнения и доокомкования; 8 – годные окатыши

Целью работы является создание методики расчета давления ВШС, необходимого для реализации технологии принудительного зародышеобразования, и построение номо-

граммы для определения давления ВШС, используя входные параметры струйного процесса.

За основу расчета взяли известное уравнение, согласно которому среднее давление ВШС, называемое удельной силой удара (далее давление) $P_{\text{ВШС}}$, Па, на произвольно ориентированную поверхность шихтового гарнисажа определяется следующим образом [4]:

$$P_{\text{ВШС}} = (\zeta \cdot J \cdot \sin \beta / F) - P_{\text{Г}}, \quad (1)$$

где ζ – коэффициент потерь импульса;

J – импульс ВШС (сила давления струи), Н;

F – сечение ВШС в месте соприкосновения с шихтовым гарнисажем, м^2 ;

β – угол атаки ВШС к гарнисажу, град;

$P_{\text{Г}}$ – геометрическое (Архимедово) давление нагретого воздуха в ВШС, Па.

Импульс ВШС рассчитывали по формуле:

$$J = W_{\text{ВШС}} \cdot G_{\text{ВШС}}, \quad (2)$$

где $W_{\text{ВШС}}$ – скорость истечения ВШС из сопла струйного аппарата, м/с;

$G_{\text{ВШС}}$ – массовый расход воздушно-шихтовой смеси в СА, кг/с.

Скорость истечения воздушно-шихтовой смеси из струйного аппарата с цилиндрической камерой смешения рассчитали на основе закона сохранения импульса [5]:

$$W_{\text{ВШС}} = \varphi \cdot (G_{\text{В}} \cdot W_{\text{В}} + G_{\text{Ш}} \cdot W_{\text{Ш}} + \int P df) / (G_{\text{В}} + G_{\text{Ш}}), \quad (3)$$

где φ – коэффициент потерь давления воздушно-шихтовой смеси в корпусе СА из-за трения [5];

$G_{\text{В}}$, $G_{\text{Ш}}$ – массовые расходы воздуха и шихты, кг/с;

$W_{\text{В}}$, $W_{\text{Ш}}$ – скорости истечения воздуха из воздушного сопла и шихты из приемного бункера СА, соответственно, м/с;

$\int P df$ – интеграл импульса по боковой поверхности СА. Для цилиндрической камеры смешения $\int P df = 0$ [5].

Учитывая, что $G_{\text{В}} = G_{\text{Ш}} / \mu$, где μ – отношение массового расхода шихты к массовому расходу воздуха в воздушно-шихтовой смеси (массовая концентрация) [4], получим:

$$W_{\text{ВШС}} = \varphi \cdot (W_{\text{В}} + W_{\text{Ш}} \cdot \mu) / (1 + \mu). \quad (4)$$

В расчетах приняли, что скорость истечения шихты в приемном патрубке СА не превышала 0,5 м/с.

Скорость истечения воздуха из воздушного сопла СА определяли по уравнению Сен-Венана [5]:

$$W_{\text{В}} = \Omega \sqrt{2 \frac{K}{K-1} R T_{\text{В}} \left[1 - \left(\frac{P_{\text{О}}}{P_{\text{В}}} \right)^{\frac{K-1}{K}} \right]}, \quad (5)$$

где Ω – коэффициент скорости. Для канала конической сходящейся формы с односторонним углом конусности 6° $\Omega = 0,96$; для канала цилиндрической формы $\Omega = 0,82$ [5];

K – показатель адиабаты (для влажного воздуха $K=1,32$ [5];

R – удельная газовая постоянная (для воздуха $R=287$ Дж/(кг·К));

$T_{\text{В}}$ – температура воздуха на выходе из сопла, К. $T_{\text{В}} = t_{\text{В}} + 273$;

$P_{\text{О}}$ – давление окружающей среды, кПа. $P_{\text{О}}=101,325$ кПа;

$P_{\text{В}}$ – давление воздуха на выходе из сопла, кПа.

Давление P_B и температура воздуха t_B являются входными параметрами струйного процесса в технологии принудительного зародышеобразования.

Коэффициент потерь φ учли в расчете через вычисление потерь скорости воздушно-шихтовой смеси в корпусе СА:

$$\Delta W_{\text{вшс}} = W_{\text{вшс}}^0 \sqrt{0,5 \cdot \lambda_B (1 + \varphi_0 \cdot \mu) \frac{\rho_B}{\rho_{\text{вшс}}} \cdot \frac{L_{\text{СА}}}{d_{\text{СА}}^0}}, \quad (6)$$

где $W_{\text{вшс}}^0$ – скорость воздушношихтовой смеси без учета потерь на трение, м/с;

λ_B – коэффициент гидравлического трения воздуха о стенки СА;

φ_0 – эмпирический коэффициент, учитывающий концентрацию (μ) дисперсной фазы в воздушношихтовом потоке [4];

ρ_B – плотность воздуха, кг/м³;

$\rho_{\text{вшс}}$ – плотность воздушношихтовой смеси в корпусе СА;

$L_{\text{СА}}, d_{\text{СА}}^0$ – длина и диаметр корпуса СА, м. $L_{\text{СА}} / d_{\text{СА}}^0 = 5$.

Коэффициент гидравлического трения воздуха о стенки СА определяли по формуле А. Д. Альтшуля [4]:

$$\lambda_B = 0,11 \{ (k/d_{\text{СА}}^0) + (68/\text{Re}) \}^{0,25}, \quad (7)$$

где k – шероховатость металлической стенки СА, м;

Re – число Рейнольдса.

Плотность воздушношихтовой смеси в корпусе СА определяли по выражению:

$$\rho_{\text{вшс}} = (G_{\text{ш}} + G_B) / (V_B + V_{\text{ш}}), \quad (8)$$

где $V_{\text{ш}}$ – объемный расход шихты, м³/с. Его определяли экспериментально по времени истечения шихты из загрузочного бункера известного объема.

С учетом параметра μ последняя формула приобретает следующий вид:

$$\rho_{\text{вшс}} = (\mu G_{\text{ш}} \rho_{\text{ш}} + \rho_B G_{\text{ш}}) / \mu (G_{\text{ш}} + G_B / \mu). \quad (9)$$

Расход шихты задавали от 0,036 кг/с с шагом в 0,5 кг/с до 6,036 кг/с.

Поперечное сечение ВШС F , м², в месте соприкосновения с шихтовым гарнисажем на тарели окомкователя определяли по уравнению:

$$F = \pi \{ d_{\text{СА}} + 2L \cdot \text{tg}(\alpha/2) \}^2 / 4, \quad (10)$$

где α – угол раскрытия струи, градусы;

$d_{\text{СА}}$ – диаметр выходного сечения сопла СА, м;

L – расстояние от среза сопла СА до шихтового гарнисажа, м.

В расчетах давления ВШС и построения номограммы использовали безразмерное расстояние струи $L/d_{\text{са}}$.

Угол раскрытия струи вычисляли по эмпирическому выражению:

$$\alpha = 10^{-4} \mu^2 - 0,1156 \mu + 20,118; \quad (11)$$

В расчетах учитывали, что пропускная способность СА по расходу шихты зависела от диаметра сопла струйного аппарата и находилась в следующем соотношении:

$G_{\text{ш}} = 0,036$ кг/с – $d_{\text{са}} = 0,02$ м; $G_{\text{ш}} = 0,63$ кг/с – $d_{\text{са}} = 0,06$ м;

$G_{\text{ш}} = 1,53$ кг/с – $d_{\text{са}} = 0,10$ м; $G_{\text{ш}} = 3,036$ кг/с – $d_{\text{са}} = 0,20$ м;

Геометрическое давление нагретого воздуха учитывали в расчетах при встречном совпадении вектора силы ВШС и подъемной силы на вертикальной оси ВШС. Геометрическое давление вычисляли по формуле:

$$P_1 = L_1 \cdot [\rho_{\text{ос}} - \{ \rho_0 / (1 + \alpha_t \cdot t_0) \}] + L_2 \cdot [\rho_{\text{ос}} - \{ \rho_0 / (1 + \alpha_t \cdot t_c) \}] \quad (12)$$

где L_1, L_2 – длины начального и основного участков ВШС, м;

ρ_{oc} – плотность окружающей среды, кг/м³;

t_c – среднемассовая температура воздуха в ВШС, °С.

t_{oc} – температура окружающей среды

Индекс 0 в параметрах формулы (12) соответствует нормальным условиям.

Среднемассовую температуру воздуха в ВШС определяли по следующей формуле:

$$t_c = (t_b - t_{oc}) \cdot [0,7 / \{0,159 \cdot (L_c / d_{ca}) + 0,29\}] + t_{oc}, \quad (13)$$

где L_c – расстояние от среза сопла СА до точки нахождения среднемассовой температуры воздуха в ВШС.

Расчеты выполняли с использованием программы Microsoft Exel 2013 и пакетов программ компьютерной алгебры PTC MathCAD Prime 3.0 и Maple 17.

Результаты расчетов в виде номограммы, позволяющей определить давление ВШС по входным параметрам струйного процесса ($P_b, t_b, \mu, G_{ш}, d_{ca}, L/d_{ca}$) при $\beta = 90^\circ$, показаны на рис. 2.

Особенностью построенной номограммы является то, что струйные аппараты с различными d_{ca} при постоянном значении L/d_{ca} позволяют генерировать давление ВШС в достаточно узких пределах. При $L/d_{ca} > 10$ $P_{вшс}$ резко падает, поэтому для повышения точности требуется изменение пределов шкалы давления и построение новой номограммы.

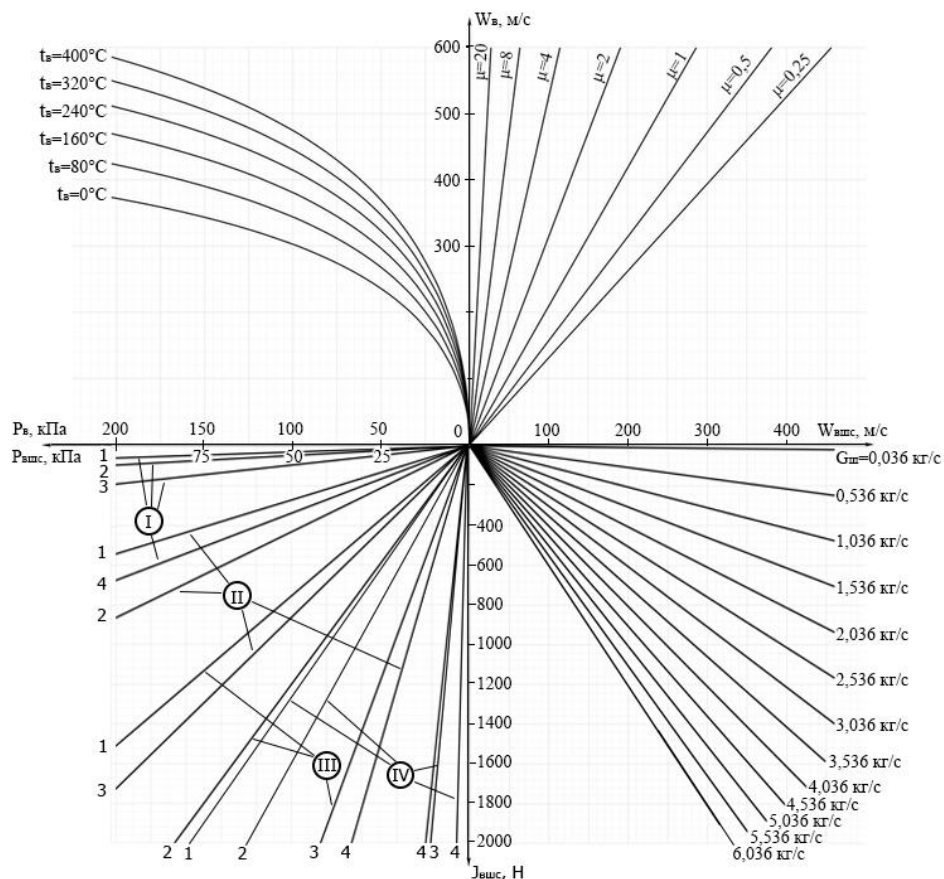


Рис. 2. Номограмма для определения давления ВШС и диаметра СА при заданных параметрах струйного процесса: Диаметр СА: I – 0,02 м; II – 0,06 м; III – 0,1 м; IV – 0,2 м.

Безразмерное расстояние (L/d_{ca}): 1 – 1; 2 – 2; 3 – 4; 4 – 10

Список использованных источников

1. Павловец В. М. Принципы организации принудительного зародышеобразования в холостой зоне тарельчатого окомкователя // Известия вузов. Черная металлургия. – 2009. – № 4. – С. 3–6.
2. Павловец В. М. Исследование теплосиловых режимов напыления влажной шихты, предназначенных для принудительного зародышеобразования // Известия вузов. Черная металлургия. – 2009. – № 6. – С. 9–13.
3. Павловец В. М. Исследование процесса получения влажных окатышей с использованием принудительного зародышеобразования // Известия вузов. Черная металлургия. – 2010. – № 6. – С. 15–20.
4. Альтшуль А. Д. и др. Примеры расчетов по гидравлике: учебное пособие. – М.: Стройиздат, 1977. – 255 с.
5. Соколов Е. Я., Зингер Н. М. Струйные аппараты – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 352 с.

УДК 669.042

Д. В. Пестерева, Д. В. Садырина

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет

имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,

Институт материаловедения и металлургии,

кафедра «Теплофизика и информатика в металлургии», г. Екатеринбург, Россия

АНАЛИЗ РАБОТЫ ПЕЧИ АЕГ ЦЕХА № 4 ПОСЛЕ РЕМОНТА

Аннотация

Представлена краткая характеристика объекта исследования, которым является шахтная печь АЕГ цеха №4. В целом доклад посвящен оценке влияния ремонтных работ на работу печи. С целью проведения анализа работы печи в докладе было представлено техническое состояние печи до проведения ремонта. Исходя из этого был спланирован ряд работ по выполнению ремонта, которые так же были изложены в докладе. Значительная часть этих работ была посвящена замене и восстановлению. Анализ эффективности от проведенного ремонта отражает изменение наиболее важных показателей работы печи до и после проведения ремонта. В заключительной части доклада изложены результаты проведения ремонтных работ.

Ключевые слова: шахтная печь, нагрев, ремонт, эффективность, показатели работы, температура.

Abstract

Topic "Analysis of the furnace AEG plant number 4 after repair." The report gives a brief description of the object of research, which is a shaft furnace shop AEG number 4. In the whole report is devoted to assessing the impact of repairs on furnace operation. For the purpose of analyz-